

ХII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРАИВАЕМОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ STM 32 ДЛЯ
СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

*А.А. Тебин, студент гр. 5А6Ж,
С.В. Прохоров, аспирант гр. А828*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
тел. (3822)-606-333*

E-mail: aat59@tpu.ru

Введение

Развитие науки и техники привели к созданию такой междисциплинарной отрасли инженерной деятельности, как встраиваемые системы. Она охватывает практически все сферы человеческой жизни - начиная от бытовой техники, заканчивая космическими и подводными аппаратами.

В связи с тем, что встроенные системы являются системами с преимущественно программной реализацией, сложность и удельный вес программной составляющей неуклонно растет - рисунок 1 [1].

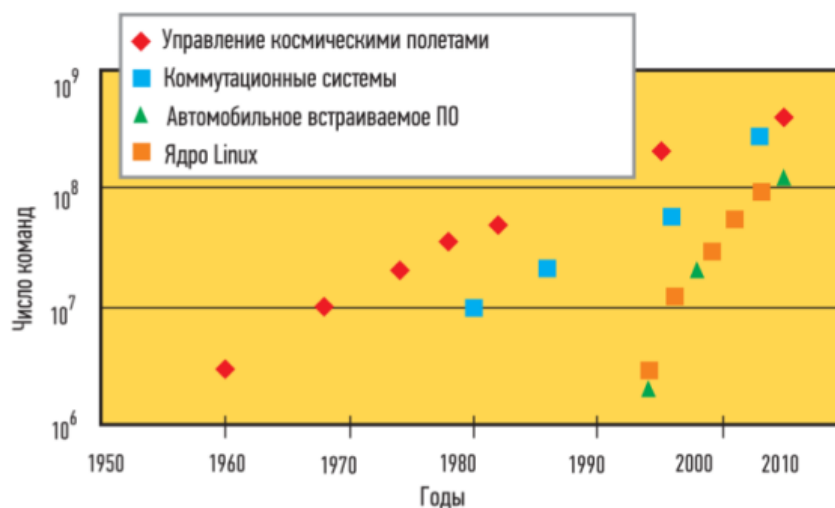


Рис. 1. Рост объема программной части встраиваемых систем

Важная особенность работы встраиваемой системы заключается в необходимости работы в реальном времени, что вносит определенные требования. Для успешной работы системы необходимо выбрать микроконтроллер с соответствующей вычислительной мощностью, разработать эффективный алгоритм. Так же, встраиваемая система должна адекватно воспринимать полное отсутствие сигнала, или внештатное его появление.

Еще одной особенностью, отражающуюся на проектировании встраиваемых систем, является то, что эксплуатация данных систем на каком-либо производстве осуществляется инженером-технологом, который зачастую не является специалистом в области программирования микроконтроллеров. В таком случае, для того, чтобы при необходимости настроить, отладить, систему, проектировщик должен предусмотреть специализированные интерфейсы и инструменты [2].

Все это делает проектирование встраиваемых систем достаточно сложной инженерной задачей.

В статье предлагается использовать гибкие встраиваемые системы с применением программирования с помощью функциональных блок-диаграмм (*FBD*-логика) для систем с частотным электроприводом на примере системы горячего водоснабжения (ГВС).

Встраиваемые системы в электроприводе

В настоящий момент большое количество производств в том или ином виде использует в своей деятельности электроприводы различных типов и конфигураций. В ходе эксплуатации многие технологические процессы требуют изменения, или поддержания скорости движения рабочих органов. Что, в свою очередь, приводит к необходимости управления такими параметрами электропривода, как угловая скорость и вращательный момент.

Мы рассмотрим проблему использования встраиваемых программируемых систем в системе ГВС.

В материале [3] приводится техническое решение для повышения быстродействия системы ГВС. На рисунке 2 представлена трехконтурная система горячего водоснабжения. Контур q_1 включает в себя клапан, первичный контур пластинчатого теплообменника и напорный насос, приводимый в работу асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с частотным управлением. Контур q_2 состоит из вторичного контура пластинчатого теплообменника и потребительской системы водоснабжения, которая может включать различные структуры. В контур q_3 входит подающая магистраль, клапан и напорный насос.

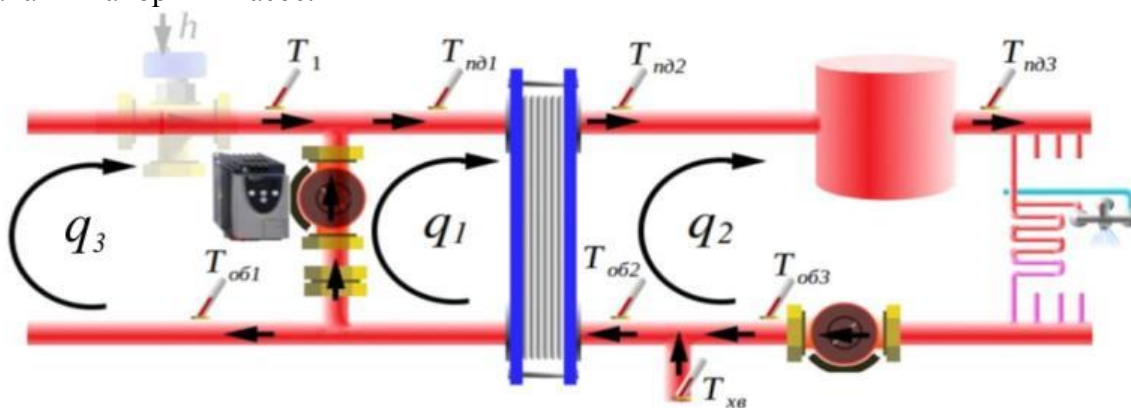


Рис. 2. Рассматриваемая система горячего водоснабжения

Для изменения температуры в контуре потребителя q_2 необходимо изменить количество теплоты, подводимое к теплообменнику со стороны контура q_1 . Напорный насос может изменять создаваемое им давление, тем самым регулируя ток теплоносителя по контурам. При необходимости снизить температуру у конечного потребителя напорный насос создает давление большее, чем давление подающей магистрали, тем самым в теплообменник поступает отработанный теплоноситель, который уже отдал часть своей энергии. Для повышения температуры необходимо, чтобы в теплообменник поступал теплоноситель преимущественно из подающей магистрали. В этом случае насос должен работать в таком режиме, чтобы создавать такое же давление, как в подающей магистрали. Скорость вращения вала двигателя, приводящего в работу насос, прямо пропорциональна формируемому давлению.

Таким образом, выявляется закономерность, которая лежит в основе закона управления: чем больше скорость, развиваемая двигателем, тем меньше температура у потребителя тепла.

В современных встраиваемых системах для управления частотным электроприводом зачастую реализована жесткая, неизменяемая конфигурация, представленная на рисунке 3.

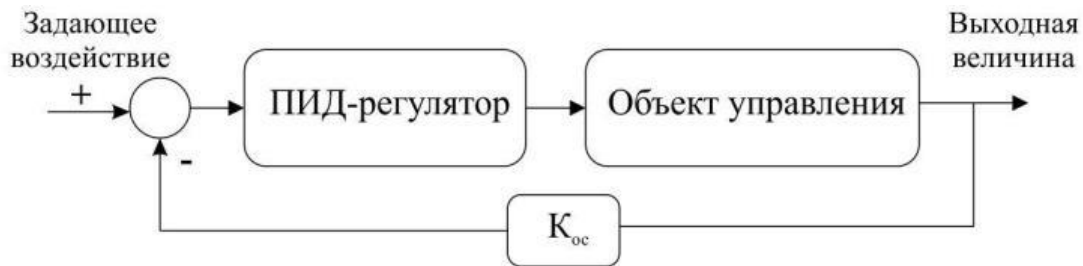


Рис. 3. Наиболее распространенная конфигурация частотного регулирования

На рисунке 3 изображена блок-схема обычно реализуемой в преобразователях частоты системы управления, где для рассмотренной системы задающее воздействие - это необходимая температура теплоносителя у потребителя, выходная величина - температура в данный момент времени. Объект управления представляет из себя двигатель насоса, регулируемым параметром которого является угловая скорость. Действительное значение температуры, умноженное на коэффициент обратной связи K_{oc} по контуру обратной связи, поступает на вход сумматора, где вычитается из необходимого значения температуры.

При настройке частотного управления на рассмотренном объекте возникает ряд проблем, а именно: необходимо обеспечить соответствующее нарастание скорости вращения вала двигателя во избежание гидроударов и перегрузок. Температура горячей воды в системе (См. рис. 2) уменьшается с увеличением скорости вращения ротора приводного двигателя, что приводит к обратной зависимости выходной величины от скорости вращения вала двигателя. В результате коэффициент передачи объекта управления принимает отрицательные значения, что приводит к образованию так называемой положительной обратной связи при использовании штатного контура управления, что не позволяет применять встраиваемую систему.

Таким образом, распространенные встраиваемые системы не обладают функционалом для реализации данной системы регулирования, что является ограничивающим фактором для использования встраиваемых систем

Предлагаемое решение

В данной работе предлагается сформировать встраиваемую систему на базе микроконтроллера STM32 серии *FIXX* и программного комплекса «АКИАР».

Выбор микроконтроллера обусловлен следующими факторами:

- аппаратное исполнение специализированных таймеров в архитектуре микроконтроллера, которая позволяет реализовать систему управления трехфазными двигателями;
- наличие достаточных вычислительных возможностей для выполнения задач и алгоритмов по автоматизации процессов [4].

К положительным особенностям данного микроконтроллера можно отнести невысокую цену и наличия большого количества литературы на тему эксплуатации и программирования данного устройства.

Программный комплекс «АКИАР» [5] позволяет формировать разнообразные системы управления с помощью функциональных блок-диаграмм, а также моделировать процессы автоматизации. Данный подход не требует специфических знаний о программировании микроконтроллеров от инженеров, взаимодействующих со встраиваемой системой [6].

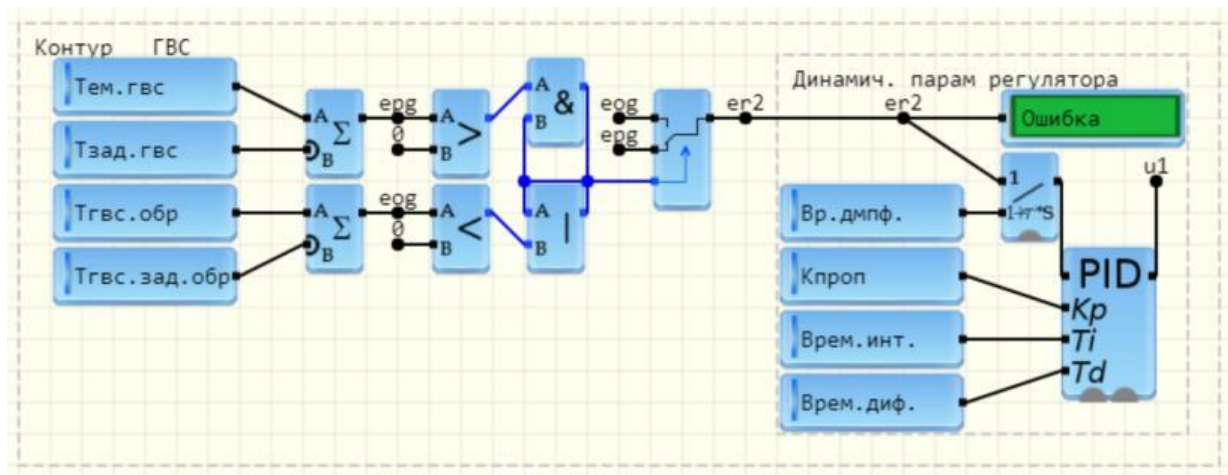


Рис. 4. Система регулирования температуры потребительского контура ГВС

На рисунке 4 представлена система регулирования, сформированная в комплексе «АКИАР» с использованием функциональных блок-диаграмм. Представление элементов системы в виде отдельных блоков и, затем формирование из них физических моделей и системы управления имеет высокую наглядность, легче в понимании и построении для инженера, не обладающего глубокими знаниями в программировании микроконтроллеров на распространенных текстовых языках.

В модели управления требуется отразить то, что поставщик теплоэнергии накладывает ограничение на температуру обратного теплоносителя, который поступает от потребителя к поставщику. В таком случае необходимо так же регулировать и температуру теплоносителя, следующего к поставщику. Для этого реализуется система на рисунке 4.

Опишем логику работы данной схемы. Основным регулирующим элементом является пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор (ПИД-регулятор) PID , для которого отдельными блоками заданы постоянные времени для интегрирующей составляющей – $Врем.инт.$, для дифференцирующей составляющей – $Врем.диф.$ и коэффициент пропорциональности $K_{проп}$.

Выходом регулятора является управляющее воздействие для приводного двигателя. Последовательно с регулятором включена математическая модель объекта управления, описывающая процесс изменения температуры в контурах. Для устранения отклонения действительной температуры от заданной на вход модели поступает одна из ошибок, которая определяется как разность текущей и заданной температуры в одном из контуров. Ошибки формируются на выходах сумматоров с одним инверсным входом, куда поступают на первый $Тем.гвс$ – текущая температура потребителя и $Тзад.гвс$ – заданная температура у потребителя, на второй $Тгвс.обр$ – текущая температура отработанного теплоносителя и $Тгвс.зад.обр$ – заданная поставщиком температура отработанного теплоносителя.

Далее путем логических операций реализуется следующий принцип: при превышении допустимой температуры обратного теплоносителя на вход математической модели поступает разность температур $Тгвс.обр$ и $Тгвс.зад.обр$.

В результате происходит стабилизация температуры обратного теплоносителя. Если его температура не выходит за допустимый предел, то на вход математической модели поступает рассогласование температуры в контуре потребителя, что приводит к ее стабилизации.

Выводы:

Как видно, достаточно сложный алгоритм, учитывающий особенности системы, связанные с требованиями поставщика тепла, представлен вполне наглядно, а для его формирования необходимо лишь представлять логику работы системы. В распространенных встраиваемых системах для частотного управления двигателями нет средств для реализации автоматического управления процессами с подобными особенностями, не говоря уже о более сложных и нестандартных операциях.

Штатные инструменты программного комплекса «АКИАР» дают возможность загрузить сформированный алгоритм управления в микроконтроллеры, в том числе и в STM 32, что позволяет создавать и настраивать встраиваемые системы достаточно легко.

Данная идея будет полезна разработчикам и производителям частотно-регулируемых электроприводов, которые стремятся расширить использование встраиваемых систем в своей продукции.

Предложение было направленно производителю программного продукта «АКИАР», где инженеры уже ведут исследования и разработку подобных систем.

Список литературы:

1. Платунов А. Е. Встраиваемые системы управления // *CONTROL ENGINEERING* РОССИЯ – 2013. – №3. – С. 17-24.
2. Fabian, M., Hellgren, A. PLC-based implementation of supervisory control for discrete event systems (1998) Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control, 3, P. 3305-3310.
3. Колесов П. Ю. Исследование нелинейных свойств замкнутой системы горячего водоснабжения с частотным управлением: дипломный проект / П. Ю. Колесов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электропривода и электрооборудования (ЭПЭО); науч. рук. А. А. Шилин. – Томск, 2015.
4. ST STM 32 F1 series Reference manual R0008 [Электронный ресурс] / st.com – Режим доступа:
https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/59/b9/ba/7f/11/af/43/d5/CD00171190.pdf/files/CD00171190.pdf/jcr:content/translations/en.CD00171190.pdf,
(свободный, дата обращения: 09.09.2019).
5. ООО НПО ВЭСТ. Автоматизированный комплекс исследования автоматических регуляторов (АКИАР). [Электронные ресурсы] <http://akiar.npowest.ru>, (свободный, дата обращения 09.09.2019).
6. Лещев В.С., Шилин А.А., Светлаков А.А. Автоматизированный комплекс для исследования автоматических регуляторов // Известия Томского политехнического университета / Томский политехнический университет (ТПУ). – 2007. – Т. 311, № 5: Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 23-29.